



Spredning af lugt fra svinestalde. Meteorologi- og Lidar feltnmålinger fra fuldskala tracerdiffusionsforsøg fra stald ved Roager i juni 1999 og 2000

Mikkelsen, T.; Ejsing Jørgensen, Hans

Publication date:
2002

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Mikkelsen, T., & Ejsing Jørgensen, H. (2002). *Spredning af lugt fra svinestalde. Meteorologi- og Lidar feltnmålinger fra fuldskala tracerdiffusionsforsøg fra stald ved Roager i juni 1999 og 2000*. Denmark. Forskningscenter Risoe. Risoe-R No. 1325(DÅ)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Spredning af lugt fra svinestalde

**Meteorologi- og Lidar feltmålinger fra fuldskala
tracerdiffusionsforsøg fra stald ved Roager i Juni 1999
og 2000**

Torben Mikkelsen og Hans E. Jørgensen

Resume Fra større danske industrilandbrug med stor svineproduktion kan der forekomme problemer med lugtgener for de omkringboende. Tiltag til lugtreduktion er bekostelig og ønskes vurderet på et videnskabeligt grundlag.

Landsudvalget for Svin; Axelborg, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU Roskilde), Afdelingen for Atmosfærisk Miljø (ATMI) og Forskningscenter Risø (Afdelingen for Vindenergi og Atmosfærefysik (VEA) har i juni 1999 og juni 2000 udført feltmålinger af lugtemissionen omkring en stor fritliggende svine-stald ved Roager, ca. 10 km syd for Ribe.

Denne rapport dokumenterer Risøs deltagelse i felteksperimenterne, som dækker følgende:

- 1) Lokale mikro-meteorologiske vind og temperatur målinger fra et sonic-anemometer.
- 2) Konstruktion og opsætning af 3 forskellige luftafkasts udformninger på staldens tagryg.
- 3) Generering af kunstig aerosolrøg,
- 4) Målinger af koncentrationsfluktuationerne nedstrøms fra stalden ved hjælp af Risøs aerosol "backscatter" lidar system (remote sensing).
- 5) Databehandling, herunder præsentation af målte meteorologiske parametre, samt præsentation af de målte middel- og fluktuerende lugt-koncentrationer.

ISBN 87-550-3016-5

ISBN 87-550-3017-3 (Internet)

ISSN 0106-2840

Indhold

English Summary 4

1 Indledning 5

2 Røgmaskinen og Luftafkast 7

2.1 Røg-maskinen 7

3 Mikro-meteorologiske målinger 8

4 Risø Mini-Lidar System 15

5 Lidar data 16

5.1 Omregning af Lidar koncentration til lugt 16

5.2 Lidar resultater i centerlinien 17

5.3 Experiment 8 19

5.4 Eksperiment 9 25

5.5 Eksperiment 10 31

6 Acknowledgements 37

7 Konklusion 38

Referencer 39

English Summary

In today's large-scale pig farming units, malodour in the near by environment is a concern, and in some cases a problem for the nearby neighbours. Mitigation in form of odour reduction is costly and requires decision support based on a scientific basis. In joint collaboration with the Danish environmental Institute (NERI), Risø performed a full-scale odour concentration dispersion tests from a big pig-fattening unit near Roager – situated in the western Jutland, Denmark. Combined smoke tracer (LIDAR) and gas tracer (SF_6) experiments were conducted to determine the best strategy for venting and mitigating the effects of malodour.

Partners involved were: Danish environmental Institute (ATMI/DMU); Danish Slaughterhouse Association - Axelborg, and Risø National Laboratory (ATM/VEA).



Figur 1-1. Forsøgsstalden ved Roager er beliggende i et åbent fladt terræn uden større bygningsstrukturer inden for en radius af ca. 300 meter. Bygningen er 61 meter lang, 23 meter bred og 5,5 meter høj (1 kip) Taghældninger er 15°.

Stalden indeholder to ungsvin og 4 slagtesvinsksektioner, som tilsammen huser op til 1536 svin.

Udluftningen udgøres af i alt 10 stk. udsugningsenheder, som hver har en diameter på ca. 120 cm, en højde over kip på 70 cm over kip, og en fuld kapacitet på ca. 5 m³/s ved max ydelse. Afkast hastigheden ved maksimal ydelse er ca. 4,5 meter/sek.

Figuren viser et billede af stalden under et forsøg, hvor kunstig genereret røg og tracergas er tilsat fire af bygningens 10 eksisterende afkast.

1 Indledning

Formålet med forsøgene har været at tilvejebringe et videnskabeligt baseret og veldokumenteret beslutningsgrundlag for, på basis af udluftnings og luftafkasts ændringer på staldbygninger, at afhjælpe lugtgener i nærmiljøet omkring fra større danske svineproduktionsenheder.

Til at tjene dette formål besluttede vi i samarbejde med danske slagterier og DMU, at foretage direkte feltmålinger på luftemissionen fra en større dansk svineproduktions stald i produktion.

Ved at tilsætte SF₆ tracergas (udført af DMU) og kunstig aerosol-røg (udført af Risø) til bygningens eksisterende udluftningssystem kunne der foretages kalibrerede målinger af lugtimissionen på udvalgte steder omkring staldbygningen.

Fordelen ved at benytte to samtidige tracer teknikker (SF₆ og røg) er, at vi derved opnår både kalibrerede middel koncentrationer (DMU), samt koncentrations-fluktuations-profiler med høj tidslig og rumlig opløsning (fra Risø's lidar).

Ved at ændre på udluftningskanalernes højde og antal kunne vi endvidere foretage sammenligninger af immissions-statistikken i udvalgte punkter omkring bygningen fra forskellige kilde konfigurationer.

Det var på forhånd besluttet at undersøge lugt-immissions statistikken fra tre forskellige afkast konfigurationer:

1. Udluftning gennem bygningens eksisterende (0,7 meter over kip afkasts ventiler)
2. Udluftning via 3 meter (over kip) høje skorstene.
3. Udluftning gennem 6 meter (over kip) høj skorsten.

En samlet oversigt over Roager målekampagnernes "gode" samtidige tracer SF₆ og lidar eksperimenter, er givet i tabellerne:

Tabel 1-1. Oversigt over LIDAR eksperimenter udført ved Roager 1999.

Eksperiment 4 17 Juni 1999	Tid (sommertid)	Afkast type	Røg/Sf ₆ Tracer/Lidar	Stabilitet
1	12.08-12.38	4 eks.	Ja/ja/ja	Ustabilt
2	12.47-13.17	1 á 6 m	Ja/ja/ja	ustabilt
3	14.03-14.33	1 eks.	Ja/ja/ja	ustabilt

Eksperiment 5 18 Juni 1999		Afkast type	Røg/SF ₆ -tracer/Lidar	Stabilitet
1	11.58-12.28	4 eks.	Ja/ja/ja	Ustabilt
2	12.56-13.26	1 á 6 m	Ja/ja/ja	Ustabilt
3	13.44-14.14	1 eks.	Ja/ja/ja	Ustabilt

Tabel 1-2. Oversigt over LIDAR eksperimenter udført ved Roager i Juni 2000

Eksperiment 6 19. Juni 2000	Tid (sommertid)	Afkast type	Røg/Sf ₆ Tracer/Lidar	Stabilitet
1	16.32-17.02	4 á +3 m	Ja/ja/ja (scanning)	Neutralt
2	17.04-17.34	4 á +3 m	Ja/ja/ja (scanning)	Neutralt
3	18.02-18.32	4 á +0 m ¹	Ja/ja/ja (scanning)	Stabilt
Eksperiment 7 20. Juni 2000	Tid (sommertid)	Afkast type	Røg/SF ₆ -tracer/Lidar	Stabilitet
1	15.30-16.00	4 á +0 m ¹	Ja/ja/ja (scanning)	Ustabilt
2	17.30-18.00	1 á +0 m	Ja/ja/ja (scanning)	Ustabilt
3	18.34-19.04	1 á +0 m	Ja/ja/ja (scanning)	Ustabilt
Eksperiment 8 21. Juni 2000	Tid (sommertid)	Afkast type	Røg/SF ₆ -tracer/Lidar	Stabilitet
1	14.14-14.44	4 á +3 m	Ja/ja/ja (scanning)	Ustabilt
2	15.25-15.55	1 á +6 m	Ja/ja/ja (scanning)	Ustabilt
3	16.20-16.50	4 á +0 ¹ m	Ja/ja/ja (scanning)	Ustabilt
Eksperiment 9 22. Juni 2000	Tid (sommertid)	Afkast type	Røg/SF ₆ -tracer/Lidar	Stabilitet
1	12.30-13.00	4 á +3 m	Ja/ja/ja	Ustabilt
2	14.07-14.37	1 á +6 m	Ja/ja/ja	Ustabilt
3	15.13-15.43	4 á +0 ¹ m	Ja/ja/ja	Ustabilt
Eksperiment 10 22. Juni 2000	Tid (sommertid)	Afkast type	Røg/SF ₆ -tracer/Lidar	Stabilitet
1	19.14-19.44	4 á +0 m ¹	Ja/ja/ja	Neutralt
2	20.11-20.41	4 á +0 m	Ja/ja/ja	Neutralt
3	21.08-21.38	4 á +3 m	Ja/ja/ja	Stabilt

¹ afkast gennem Ø 0,125 meter rør monteret på fod i " + 0 m" højde ved siden af eks. afkast.

2 Røgmaskinen og Luftafkast



Figur 2-1 viser Røgmaskinen tilsluttet et forhøjet afkast (+ 6 meter over kip). Den store hvide beholder er blandingstanken hvor syre og basevæskerne sprayes sammen via en luftdysse, og danner aerosol "røg", som så pumpes ud til dysserne gennem slangerne på taget. Røgslangerne på taget er fleksible, og kan derfor trækkes hen til de respektive udluftninger som skal have tilsat røg.

Følgende afkast-konfigurationer blev benyttet både under 1999 og under 2000 eksperimenterne:

Røg og SF₆ sporgas tilsat fire eksisterende udsugningsenheder samtidigt.

Røg og SF₆ sporgas tilsat ét forhøjet (+ 6 meter) afkast (billedet).

Røg og SF₆ sporgas tilsat én af de eksisterende udsugningsenheder

2.1 Røg-maskinen

Til fremstilling af kunstig røg (til lidar målinger) blev der designet en ny røg-maskine, som blander syre og base kemikalierne i en stor hvid PVC-beholder (2800 liter). Herfra blev røgen pumpet til udluftningsventilerne på taget via et pumpesystem med fordelingsslanger, se Figur 2.

Røg-maskinen består desuden af fødepumper med kemikalier, en blæser til spray sammenblanding af kemikalier, en stor blandingsbeholder, en udsugningsmotor (4500 Watt) samt slanger i 3 forskellige rør tykkelser:

Den tykkeste føde slange er Ø25cm, de mellemste fordelingsslanger er Ø 16 cm, og de sidste fire fordelingsslanger, som går op i ventilations skaktene er Ø 12,5cm.

Alle pumper er frekvens-styrede hvorved optimal blanding og gennemstrømning kunne opnås. Med et håndholdt kalibreret Windmatic hotwire anemometer

blev udstømningshastighederne ved udluftningsdysserne på taget målt ved de forskellige kilde konfigurationer:

Kilde-konfigurationer	Røg-maskinens luftudgangshastighed målt ved udmundingerne på taget:
Røg i fire eks. Udsugningsenheder samtidigt.	20 m/s
Røg i én af de eksisterende udsugningsenheder	25 m/s
Røg tilsat ét forhøjet (+ 6 meter) afkast (billedet).	25 m/s

3 Mikro-meteorologiske målinger



Figur 3-1. In-situ mikro-meteorologiske målinger af vind og turbulens: Sonicanemometer i top af 7-meter met-mast magen til den der blev anvendt ved Roager eksperimenterne 1999 og 2000.

De mikro-meteorologiske målinger består af turbulens målinger af vind og temperatur til bestemmelse af atmosfærens stabilitet, som er en vigtig ingrediens i forbindelse med atmosfæriske spredningsberegninger. Til dette kræves detaljerede målinger af vind og temperatur signaler med høj tidslig opløsning. Ved Roager blev der både i 1999 og i år 2000 opsat en 7 meter høj meteorologimast ca. 200 meter syd for stalden. I juni 1999 var marken tilplantet med raps, i år 2000 med hvede.

På meteorologimasten top var der monteret et 3-dimensionel sonicanemometer af typen Kaijo-Denki Type DAT 300 Omni-direktionel (head type B).

Sonicanemometret målte de tre vind komponenter og temperaturen i probehovedet 20 gange i sekundet og sendte disse data til en bærbar PC, der kalibrerede og gemte disse data løbende under begge eksperiment perioder.

Fra sonic anemometrets måle-data har vi beregnet middelværdier af vind, temperatur og turbulens hvert 5. Minut. Disse data viser nu løbende vindhastighed, retning og atmosfærisk stabilitet (Monin-Obukhov længde skalaen L), samt en del andre stabilitetsmål løbende under eksperimenterne. Disse data kan nu benyttes til at klassificere de opnåede resultater mht. til sprednings meteorologiske forhold.

Mikro-meteorologiske målinger fra 7-meter masten etableret i marken 100 meter syd for stalden ved Roager.

Data fra den 14juni til den 18 juni 1999 målt i rapsmark. Perioderne for eksperimenterne 1 til 5 er vist skraveret.

Data fra den 19. Juni til den 22 Juni 2000 målt i hvedemark samme sted som i 1999. År 2000 Eksperiment-perioderne 6 til 10 er vist skraveret.

Alle data er 5-min middel værdier beregnet fra sonic målingen i toppen 7 meter over terræn:

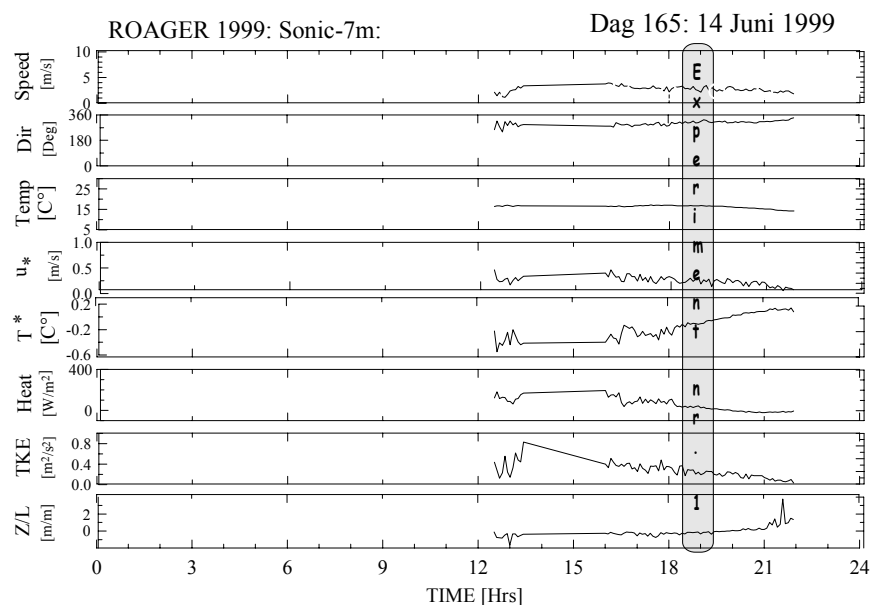
De målte data er:

- 1. Vind hastighed (Speed)*
- 2. Vind retning (Dir)*
- 3. Luft temperatur (Temp)*
- 4. Friktions hastigheden (u^*)*
- 5. Temperatur skala hastigheden (T^*)*
- 6. Turbulens-varmeffluks (Heat)*
- 7. Luftens samlede turbulente kinetiske energi (TKE)*
- 8. Atmosfærens stabilitets mål (z/L)*

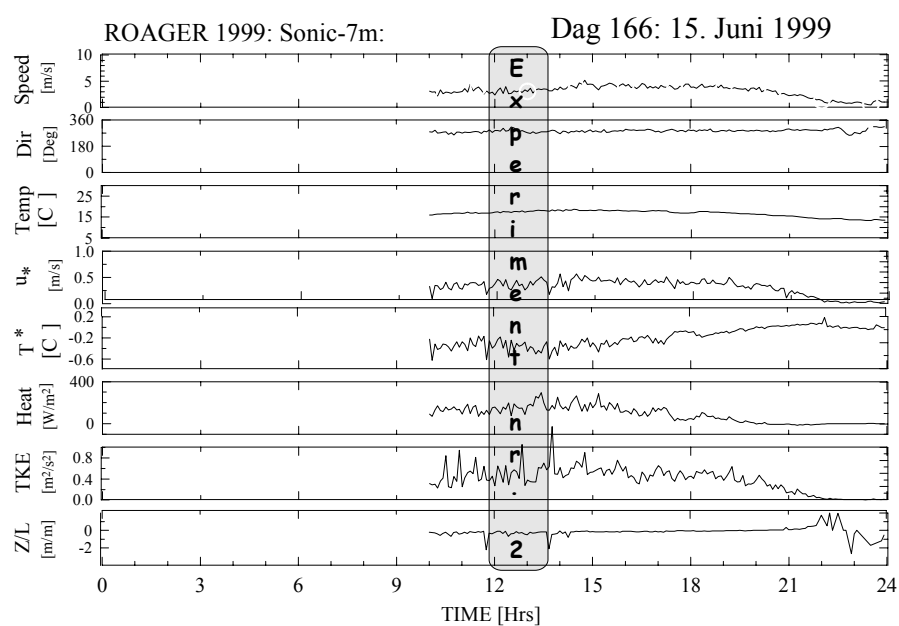
Det fremgår af målingerne, og især af de positive varmefflukse (HEAT) at alle 5 eksperimenter i 1999 blev udført under moderat (200 Watt/m^2) til stærkt ustabile (konvektive) (400 Watt/m^2) forhold. Marken, hvor masten stod, var i denne periode tilplantet med raps.

Under år 2000-eksperimenterne ses varmeffluksene at være betydelig lavere (ca. $\sim 100 \text{ watt/m}^2$), selv om vejret var stort set som i 1999. Dette skyldes, at marken sydvest for stalden i år 2000 var tilplantet med hvede i kraftig vækst, som derfor var meget fugtig. Vi mener derfor at en stor del af den indkomne varmeffluks er gået til fordampning af vand, og man kunne ligefrem "se" vanddampsfluksen på lysets refraction, når man kikkede tæt hen over hvedemarken. For forsøgene betød dette, at stabiliteten var nærmere neutral under alle forsøgene i år 2000.

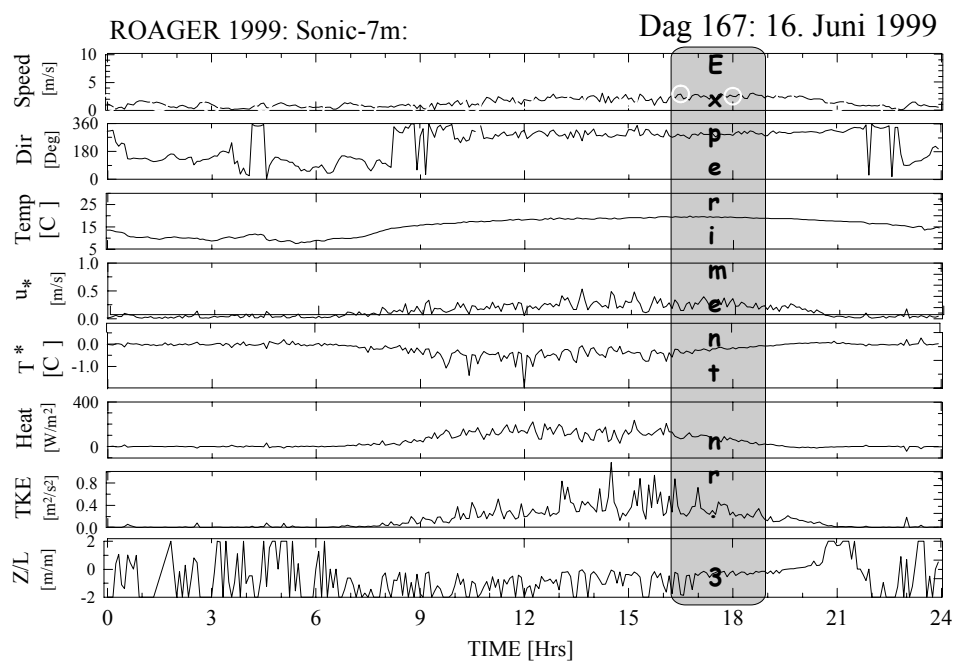
Oversigts plot af 1999 meteorologi



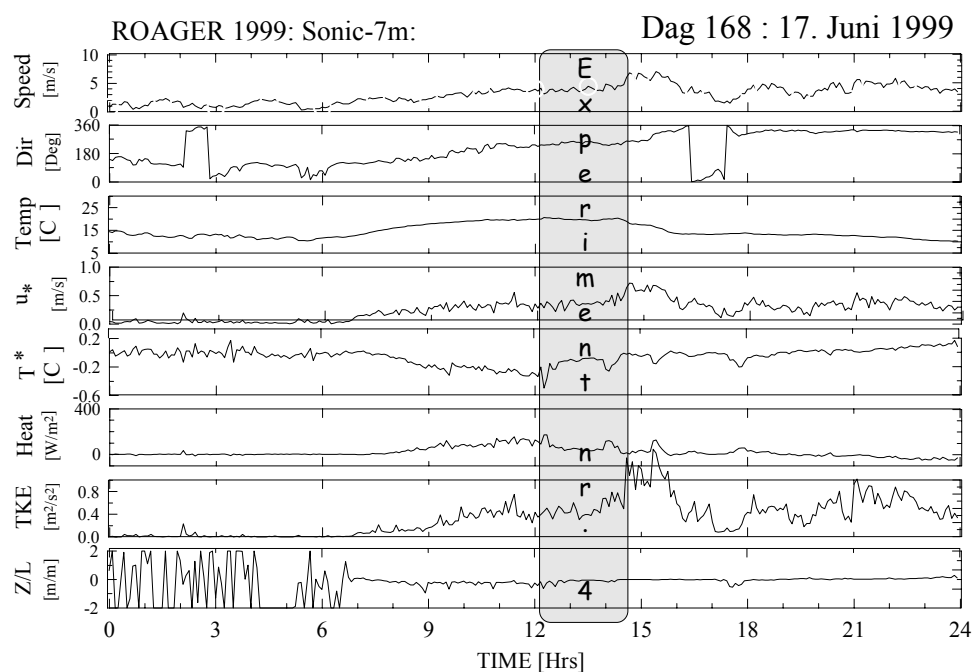
Figur 3-2 viser den målte mikro-meteorologi målt med sonicen under Exp. 1



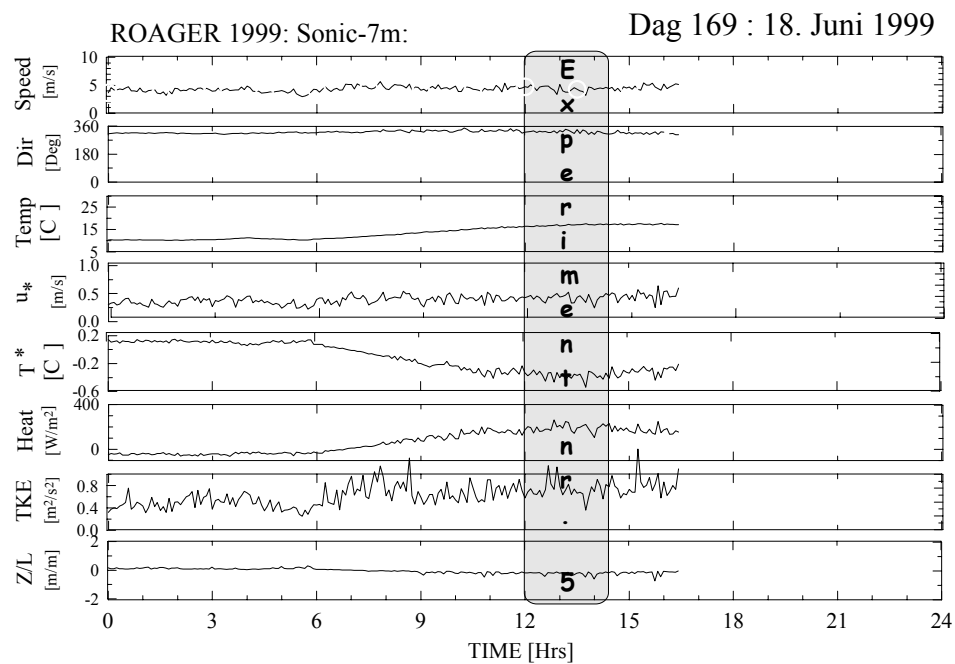
Figur 3-3 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen under Exp. 2.



Figur 3-4 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen under Exp. 3.

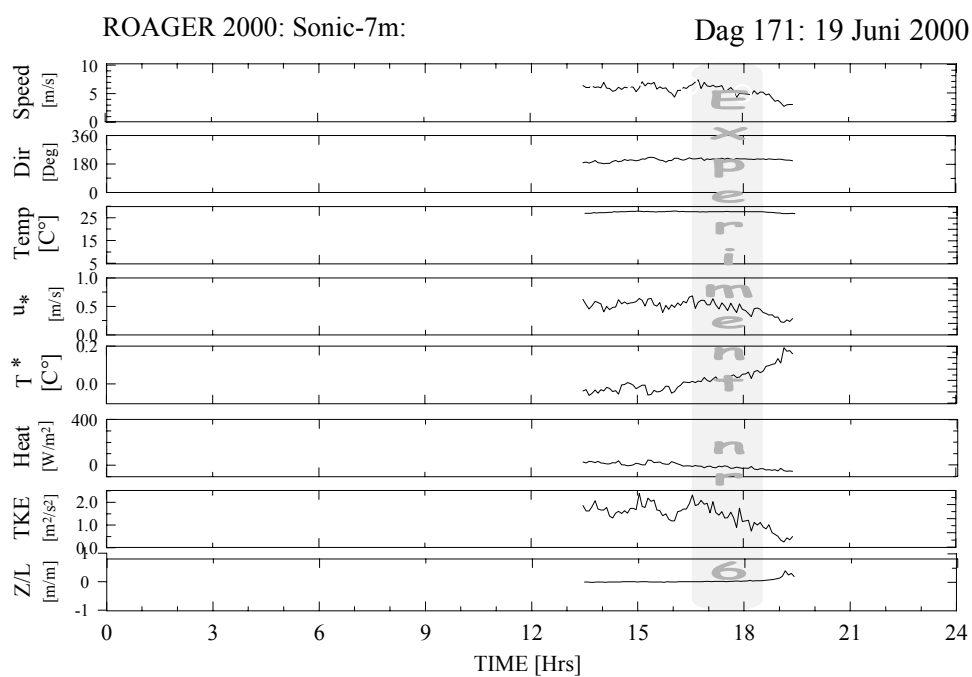


Figur 3-5 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen under Exp. 4

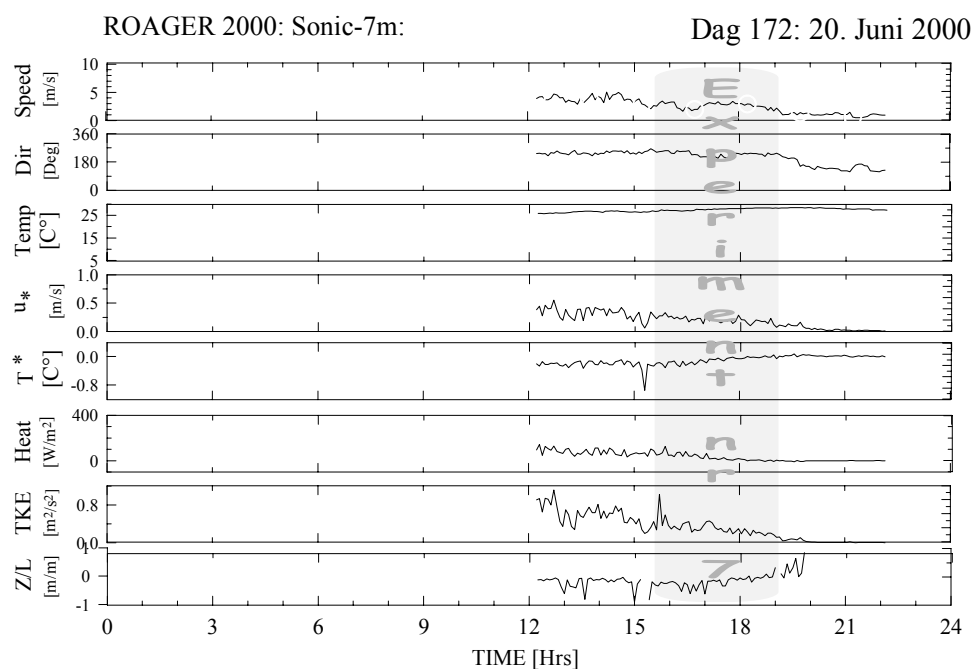


Figur 3-6 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen under Exp. 5

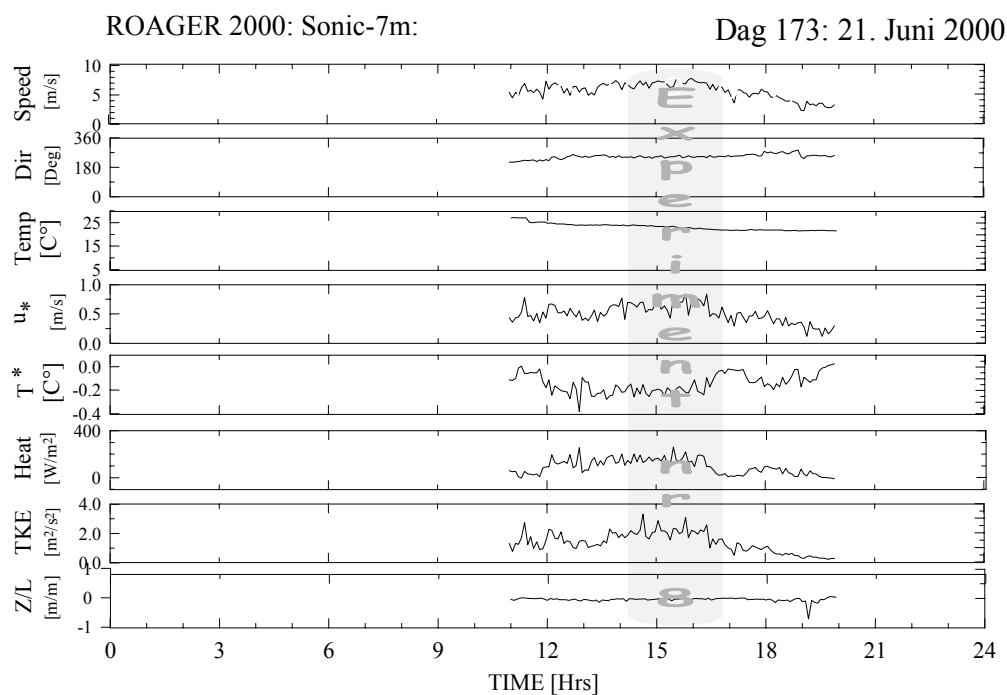
Oversigtsplot fra 2000



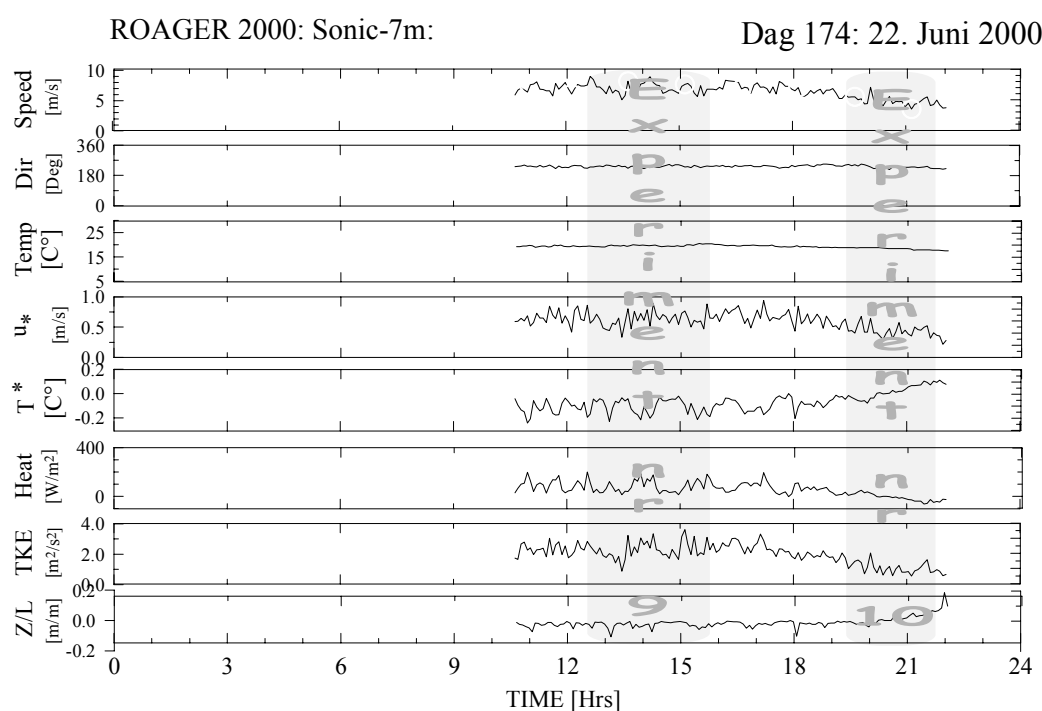
Figur 3-7 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen for Eks. Nr. 6



Figur 3-8 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen for Eks. Nr. 7



Figur 3-9 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen for Eks. Nr. 8



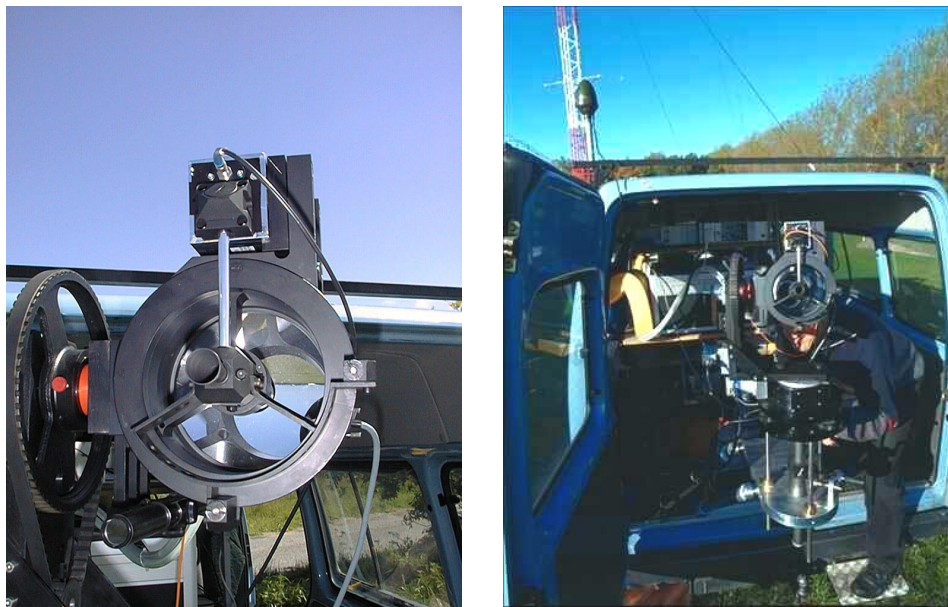
Figur 3-10 viser den målte micro-meteorologi målt med sonicen for Eks. Nr. 9 og 10.

4 Risø Mini-Lidar System

Risø mini Lidar system består af:

- En pulserende laser ND:Yag laser (pulseret).
- Et teleskop med filtre og detektorer
- Et digitalt højfrekvens oscilloskop med lager og online data procesering
- To stepper-motorer med styreenheder til scanning (azimut og deklination)
- Et PC baseret styreenhed til data opsamlings og lagring.
- En mini Van (Ford Transit)

Aerosol-Lidar'ens funktionsbeskrivelse, dens måde at måle på, samt beskrivelse af den efterfølgende data behandling kan der læses om på Lidar'ens hjemmeside, (http://www.risoe.dk/vea-atu/atm_disp/lidar.htm) hvor der også kan findes omtale af røg-maskinen og dens " kemi", samt referencer til publikationer om lidar-systemets kalibrering.



Figur 4-1 viser den centrale del af lidaren. Til højre ses teleskopet hvor laseren er påmonteret foroven laserens lys ledes indtil centrum af teleskopet hvorfra laser pulsen udsendes. Til venstre ses Lidar udstyret med selve skanner motorer

5 Lidar data

5.1 Omregning af Lidar koncentration til lugt

Lidar data er om tidligere nævnt ikke koncentrationsdata men dæmpninger, men ved at antage at dæmpningen er proportional med koncentrationerne kan lidar målingerne anvendes som en relativ koncentrations skala (se Jørgensen et. al. 1997). Det absolutte koncentrationsniveau bestemmes ved at kalibrere lidaren med de målte SF₆ koncentrationer. I Alle eksperimenterne har lidaren målt over en eller flere af punkterne I DMU's udlagte målekæder.

Tabel 5-1 Målte og fittede SF₆ koncentrationer for målingerne I 1999 og 2000. Målingerne er skaleret således at kildestyrken I hvert enkelt eksperiments svarer 8200 LE/s (Fra Ellerman og Løftstrøm, 2001

Run ID		Gauss-fit						Målt SF ₆		
Eksp.	Sample	σ_y (m)			Max. konc. (LE/m ³)			Max. konc. (LE/m ³)		
		Kæde			Kæde			Kæde		
		50 m	100 m	150 m	50 m	100 m	150 m	50 m	100 m	150 m
1	1	9,8	21,9	28,0	6,67	1,99	1,19	6,25	1,99	1,06
1	2	11,8	19,4	23,3	4,72	1,85	0,94	4,19	1,67	0,82
1	3	Ikke udført								
2	1	8,5	17,4	33,5	8,01	2,58	1,26	8,63	2,88	1,24
2	2	13,1	26,6	35,4	5,25	1,55	0,82	0,85	0,27	0,15
2	3 ⁽¹⁾	11,7	20,0	35,0	7,05	2,62	1,48		2,50	1,51
3	1 ⁽¹⁾	21,4	42,4	60,4	3,90	1,06	0,53	3,46	1,13	0,43
3	2	6,9	17,7	24,2	6,31	3,37	1,83	14,39	3,02	1,77
3	3	6,6	16,7	33,9	1,65	2,06	1,34	1,64	2,06	1,28
4	1	13,6	20,8	29,2	0,98	3,68	1,53	8,77	3,95	1,68
4	2	8,4	20,9	30,5	0,98	1,61	1,35	1,01	1,51	1,36
4	3	10,1	18,4	28,3	7,37	5,85	2,54	14,66	5,70	2,48
5	1 ⁽²⁾	7,0	18,0	29,2	4,38	4,14	1,80	11,03	4,11	1,78
5	2 ⁽³⁾	3,6	25,7	34,0	2,79	1,21	1,07	2,56	1,30	1,15
5	3	14,8	25,1	34,2	0,69	3,28	1,60	10,15	3,20	1,73
6	1	11,8	18,8	25,7	5,1	3,1	2,0	5,0	2,9	1,9
6	2	12,0	16,4	20,9	6,0	3,9	2,5	5,4	3,5	2,4
6	3	11,0	14,9	19,2	13,6	6,3	3,7	13,5	5,5	3,4
7	1	9,9	17,6	21,2	29,5	6,5	3,0	30,6	6,3	3,0
7	2							Dårlige Data		
7	3	9,5	17,2	28,1	19,1	6,2	2,5	17,6	6,0	2,4
8	1	9,2	15,2	22,3	4,7	4,2	2,5	4,5	4,2	2,4
8	2	10,8	15,2	24,4	0,8	1,7	1,6	0,7	1,6	1,4
8	3	9,9	14,0	16,4	20,8	8,2	4,9	19,8	8,2	4,7
9	1	10,2	16,3	22,7	5,8	3,8	2,3	5,7	3,6	1,9
9	2	8,6	15,4	22,8	1,5	2,2	1,8	1,4	2,2	1,8
9	3	9,5	19,7	29,7	15,6	3,9	1,9	16,6	3,9	1,8
10	1	10,6	16,1	21,2	17,5	6,0	3,5	17,2	5,3	3,5
10	2	10,6	17,4	18,3	13,5	5,2	3,4	13,0	5,0	3,4
10	3	12,3	15,5	17,6	6,5	5,7	4,0	6,3	5,4	4,0

⁽¹⁾ Alle værdier er usikre.

⁽²⁾ Værdier i 50 m og 100 m kæder er usikre.

⁽³⁾ Værdier i 50 m kæde er usikre.

Med udgangspunkt i de af DMU beregnede data i Tabel 5-1 er Lidar målingerne omsat til koncentrationer idet den fittede maksimumsværdi fra SF6 dataene i den kæde hvor lidaren har skudt over er brugt til at kalibrere med. Skaleringsfaktoren er beregnet således at den maksimale koncentration i Lidarens målelinje svarer til den maksimale værdi af de fittede gauss SF₆ koncentrationer.

Lidaren koncentration c svarer nu til enheden LE/m³. Udfra Ellerman og Løftstrøm, 2001 omregnes koncentrationerne til lugt intensiteter $I(c)$ ud fra følgende udtryk

$$I(c) = 0.75 + 2.65 \log(c)$$

Modellen er at næsen virker som en logaritmisk sensor men tærskel værdi på 0.75 LE/ m³,

5.2 Lidar resultater i centerlinien

I følgende afsnit er resultaterne målt i centerlinien af røgfanerne fra de enkelte eksperimenter vist. Resultaterne for er kun vist for de eksperimenter hvor lidaren var opsat til at skyde i en linie, idet alle eksperimenterne hvor lidaren var opsat til at skanne er behæftede med betydelige fejl pga. en programmerings fejl.

Tabel 5-2. Oversigt over lidar data målt i centerlinien fordelt på eksperiment og og sample nr. Dataene er middel centerkoncentrationerne $\langle c \rangle$ samt bredden af røgfanen σ_y (m), intermittensen γ , fluktuations intensiteten I_c , skaleringsfaktoren mellem lidar dataene og SF6 koncentrationerne gældende for de enkelte eksperimenter.

EXP	NR	AFKAST	MAX C	CL	$\langle C \rangle$	σ_y (M)	γ	I_c	C FAKTOR
4	1	4a0	2.3	138.2	0.00302	22.6	0.92	0.80	761.4
4	2	1a6	1.3	96.6	0.00023	30.7	0.57	2.29	5760.8
5	1	4a0	1.8	130.3	0.00059	31.8	0.87	0.91	3071.4
5	2	1a6	1.1	135.7	0.00021	38.3	0.51	2.47	5158.9
5	3	1a0	1.6	130.7	0.00043	32.8	0.76	1.25	3697.4
8a	x1	4a0	4.9	413.9	0.00175	22.7	0.99	0.82	2795.6
8a	x2	1a6	1.6	440.0	0.00026	44.5	0.73	1.59	6237.3
8a	x3	4a3	2.5	365.0	0.00054	23.6	0.87	0.83	4646.0
9	1	4a3	2.3	318.7	0.00037	29.1	0.98	0.67	6197.0
9	2	1a0	1.8	317.8	0.00014	25.7	0.92	1.07	12880.2
9	3	4a0	1.9	333.6	0.00068	28.3	0.95	0.88	2814.4
10	1	4a0	3.5	340.6	0.00098	23.8	1.00	0.55	3556.6
10	2	4a0	3.4	308.6	0.00105	26.8	1.00	0.67	3229.6
10	3	4a3	4	308.2	0.00099	24.4	1.00	0.56	4027.0

I efterfølgende tabel er resultaterne vist for "moving frame". I moving frame er alle storskala bevægelser taget ud af røgfanen dvs. at "moving frame" udtrykker den middelede øjeblikkelige røgfaner hvor alle individuelle profil målinger er centeret i således at deres centerlinier er rykket ind i samme punkt. Det ses da af tabel 4 at maks. koncentrationerne her bliver meget højere og røgfaner bredderne smallere. Moving frame profilerne kan fortolkes som et udtryk for den middelede øjeblikkelige koncentrationer, uden de interne koncentrationsfluktuationer.

Tabel 5-3. Oversigt over lidar data målt i en "moving frame" centerlinien fordelt på eksperiment og sample nr. Dataene er middel centerkoncentrationerne $\langle c \rangle$ samt bredden af røgfanen σ_y (m), intermittensen γ , fluktuations intensiteten I_c , skaleringsfaktoren mellem lidar dataene og SF6 koncentrationerne gældende for de enkelte eksperimenter.

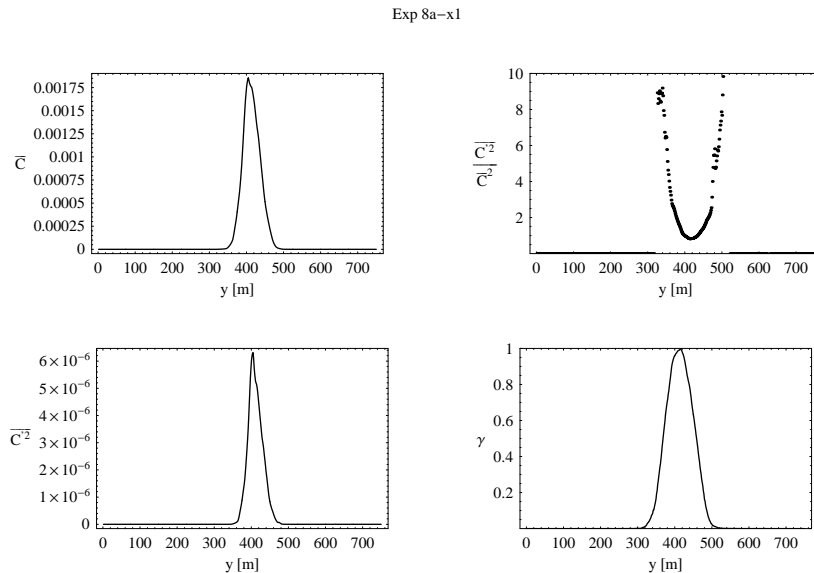
EXP	NR	AFKST	$\langle C \rangle$	σ_y (M)	γ	I_c
4	1	4a0	3.6	13.7	1.00	0.46
4	2	1a6	4.8	15.9	0.91	1.35
5	1	4a0	3.4	17.9	0.99	0.48
5	2	1a6	4.8	11.9	0.98	1.08
5	3	1a0	3.6	15.4	0.99	0.62
8a	x1	4a0	8.2	15.4	1.00	0.49
8a	x2	1a6	4.7	20.5	0.99	0.82
8a	x3	4a3	4.3	13.2	1.00	0.42
9	1	4a3	3.4	21.8	1.00	0.38
9	2	1a0	3.1	15.7	1.00	0.71
9	3	4a0	3.7	17.4	1.00	0.40
10	1	4a0	4.3	19.8	1.00	0.40
10	2	4a0	5.3	18.2	1.00	0.38
10	3	4a3	5.4	18.0	1.00	0.36

Tabel 5-4. Resultaterne i centerlinien for de transformerede data vist for de enkelte eksperimenter. I dataene har vi brugt en tærskel værdi på 0.75 for at beregne γ .

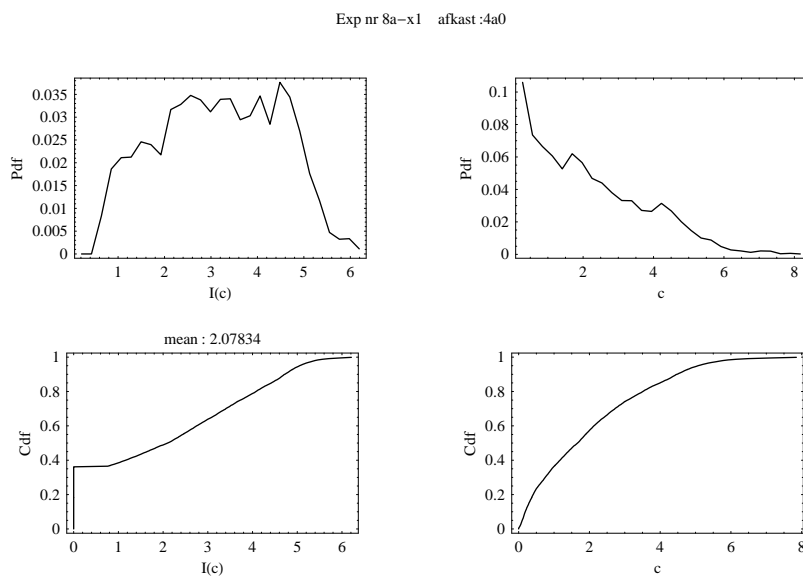
EXP	NR	AFKST	$\langle LUGT \rangle$	LUGT I_c	LUGT γ
4	1	4a0	2.4	1.56	0.31
4	2	1a6	1.0	1.63	0.75
5	1	4a0	1.9	1.46	0.39
5	2	1a6	0.9	1.52	0.78
5	3	1a0	1.6	1.61	0.55
8a	x1	4a0	3.9	2.07	0.20
8a	x2	1a6	1.4	1.68	0.62
8a	x3	4a3	2.6	1.67	0.32
9	1	4a3	2.5	1.44	0.26
9	2	1a0	1.8	1.52	0.43
9	3	4a0	2.0	1.52	0.40
10	1	4a0	3.6	1.34	0.09
10	2	4a0	3.3	1.67	0.19
10	3	4a3	3.9	1.45	0.09

5.3 Experiment 8

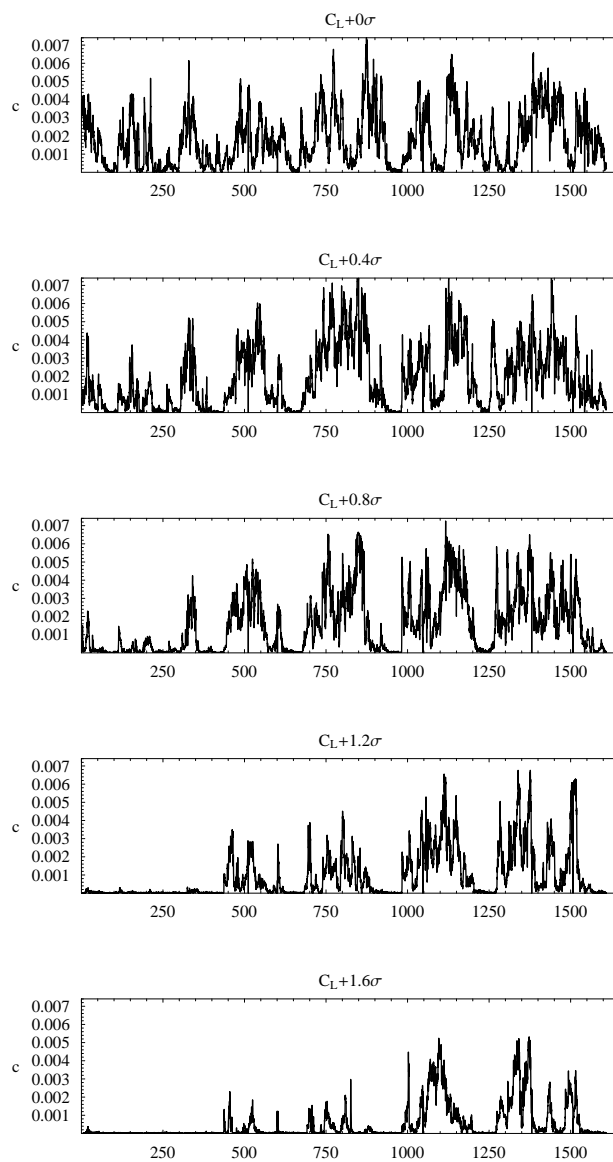
Experiment 8-1



Figur 5-1 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationens intensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.



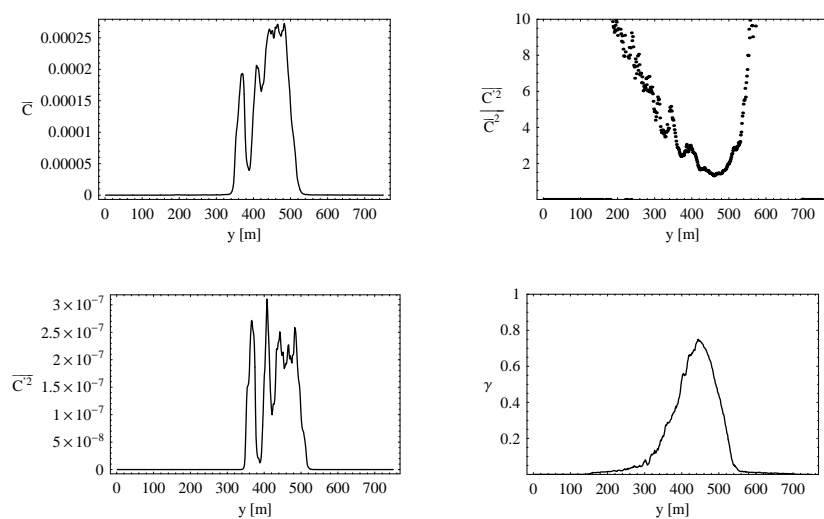
Figur 5-2 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling af hhv. koncentration c og den beregnede lugtintensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-3 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

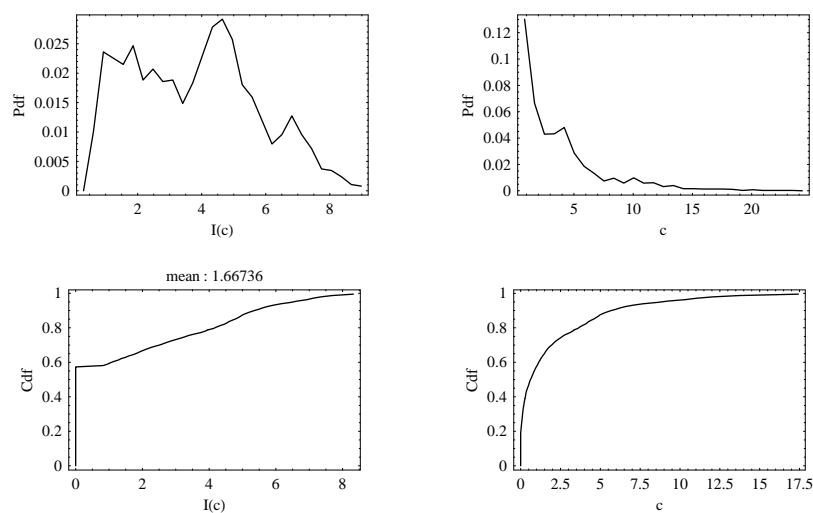
Experiment 8-2

Exp 8a-x2

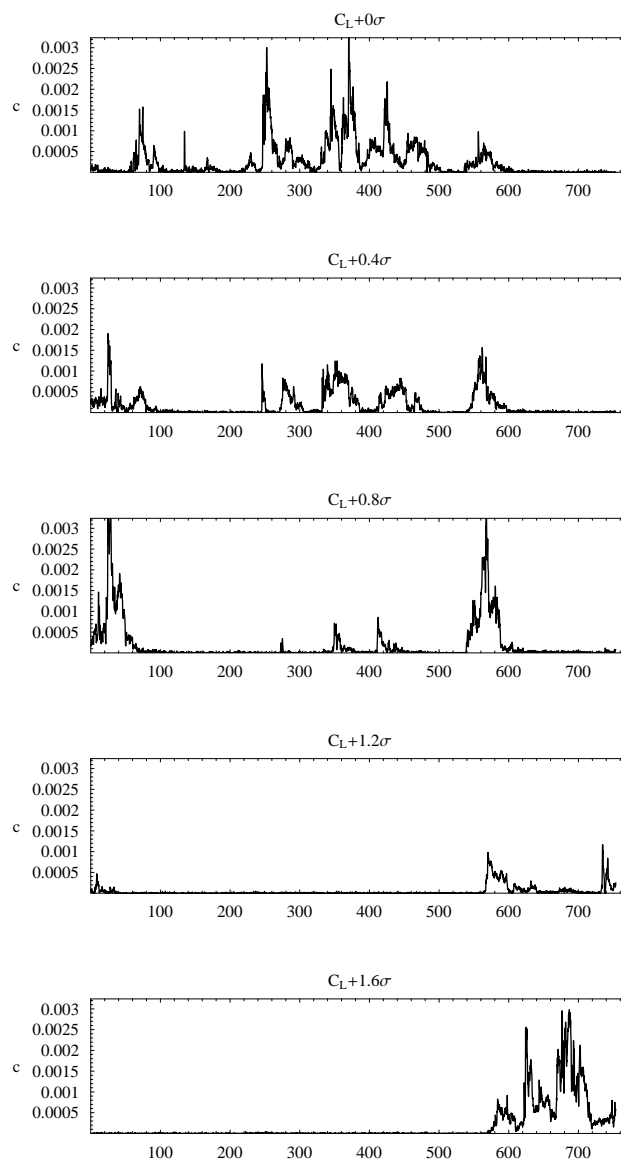


Figur 5-4 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationsintensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 8a-x2 afkast : 1a6



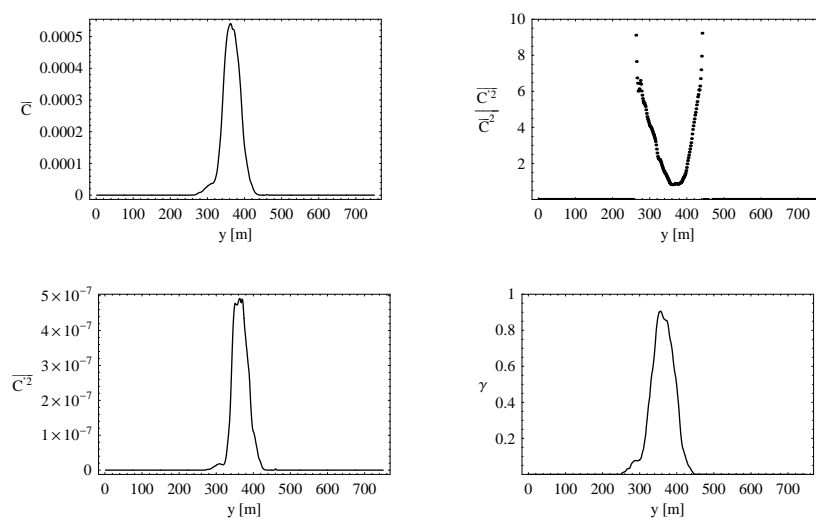
Figur 5-5 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling (cdf) af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-6 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

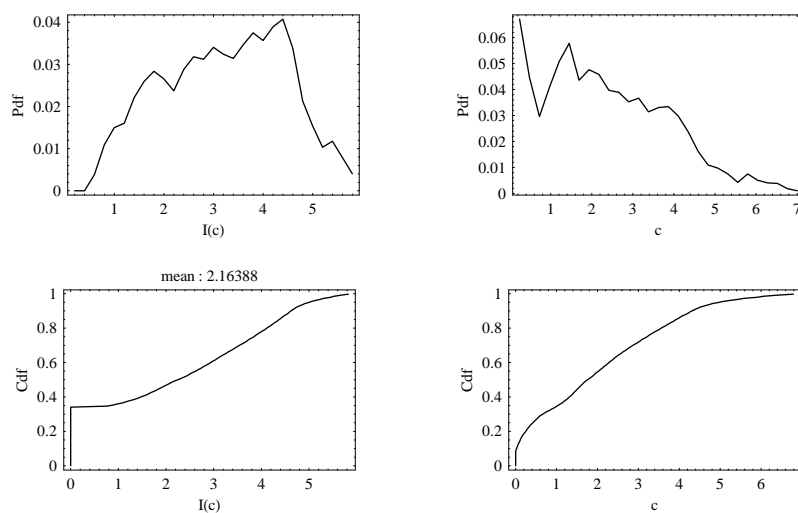
Experiment 8-3

Exp 8a-x3

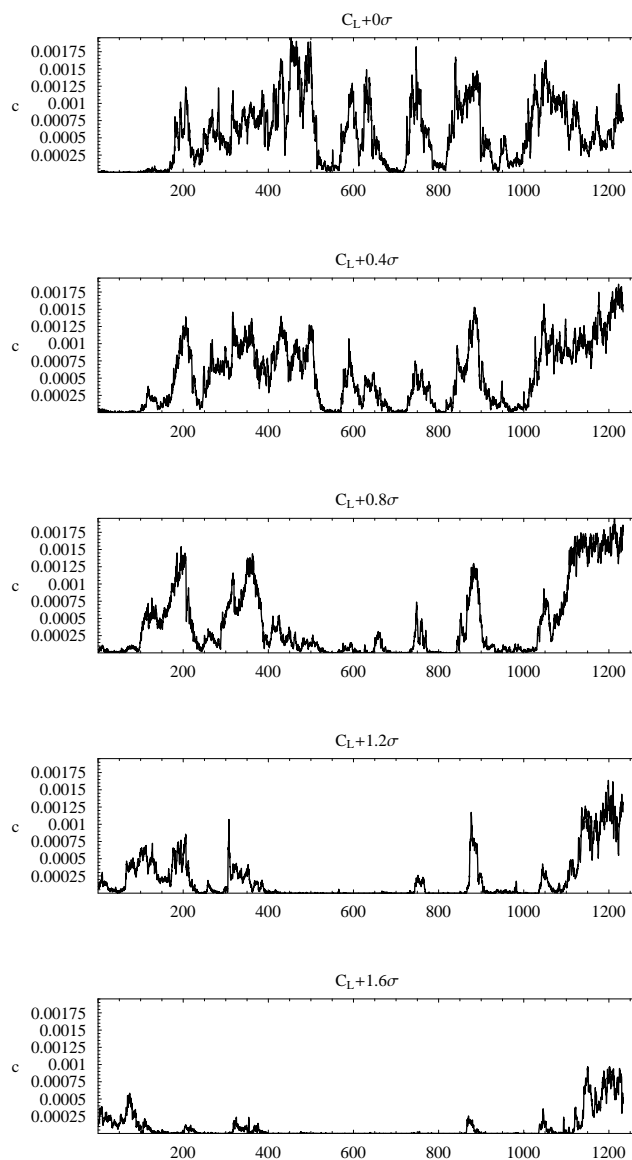


Figur 5-7 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration \bar{c} (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuations intensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 8a-x3 afkast: 4a3



Figur 5-8 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.

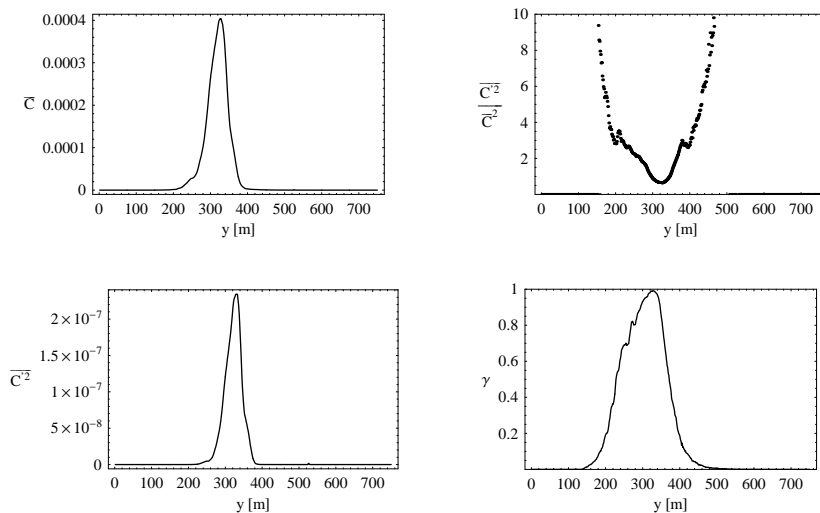


Figur 5-9 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

5.4 Eksperiment 9

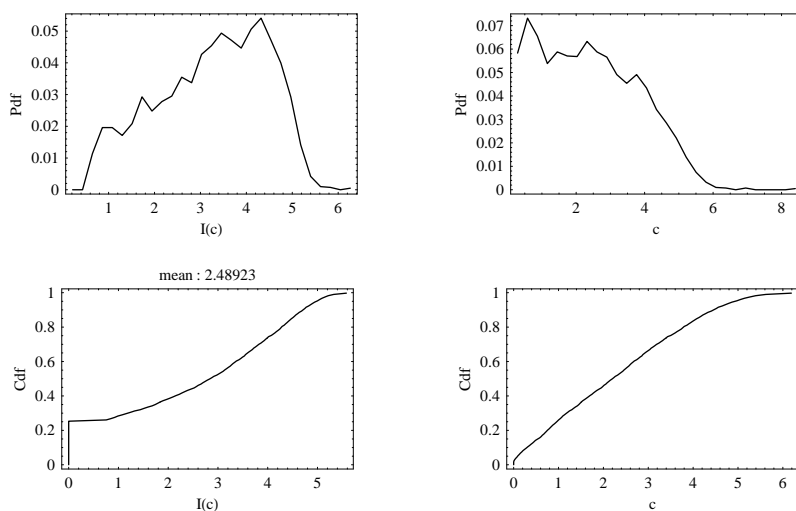
Eksperiment 9-1

Exp 9-1

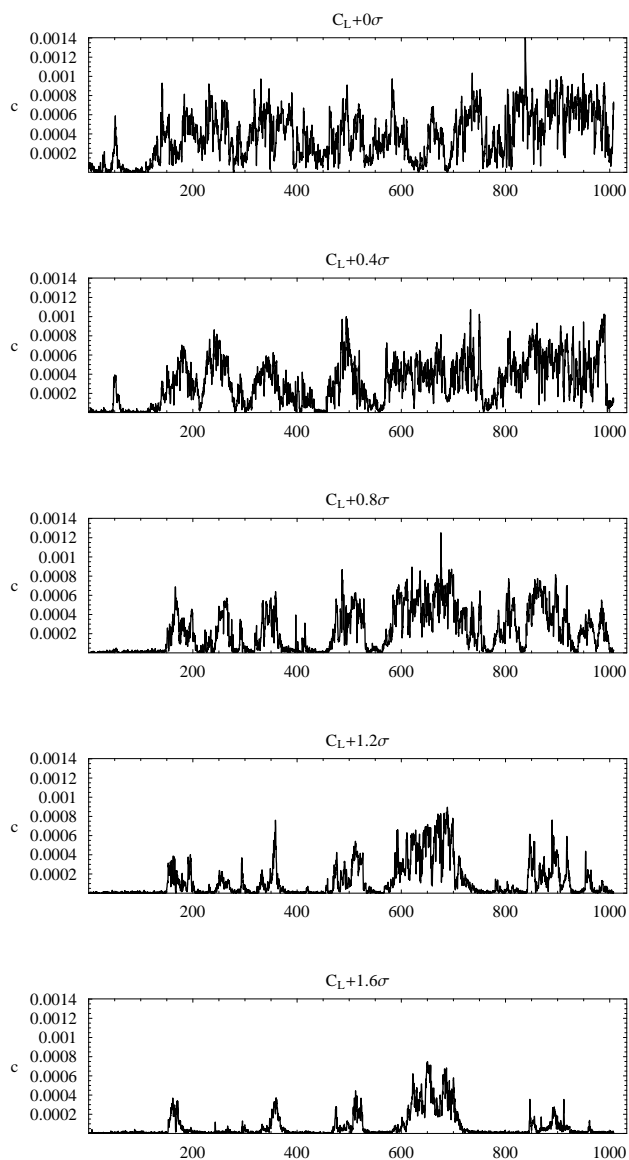


Figur 5-10 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationens intensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 9-1 afkast :4a3



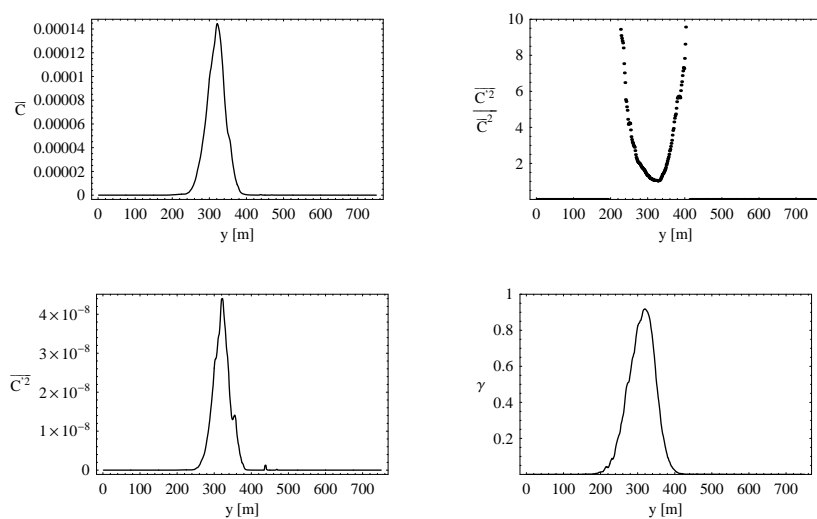
Figur 5-11 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-12 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

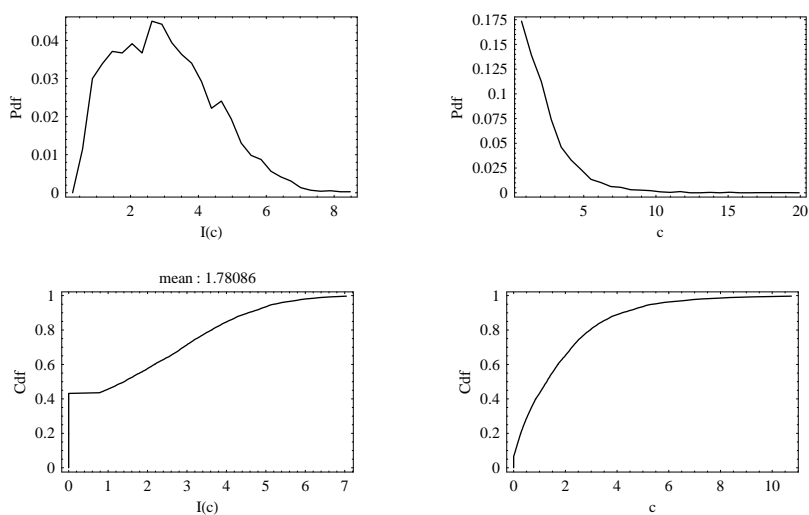
Eksperiment 9-2

Exp 9-2

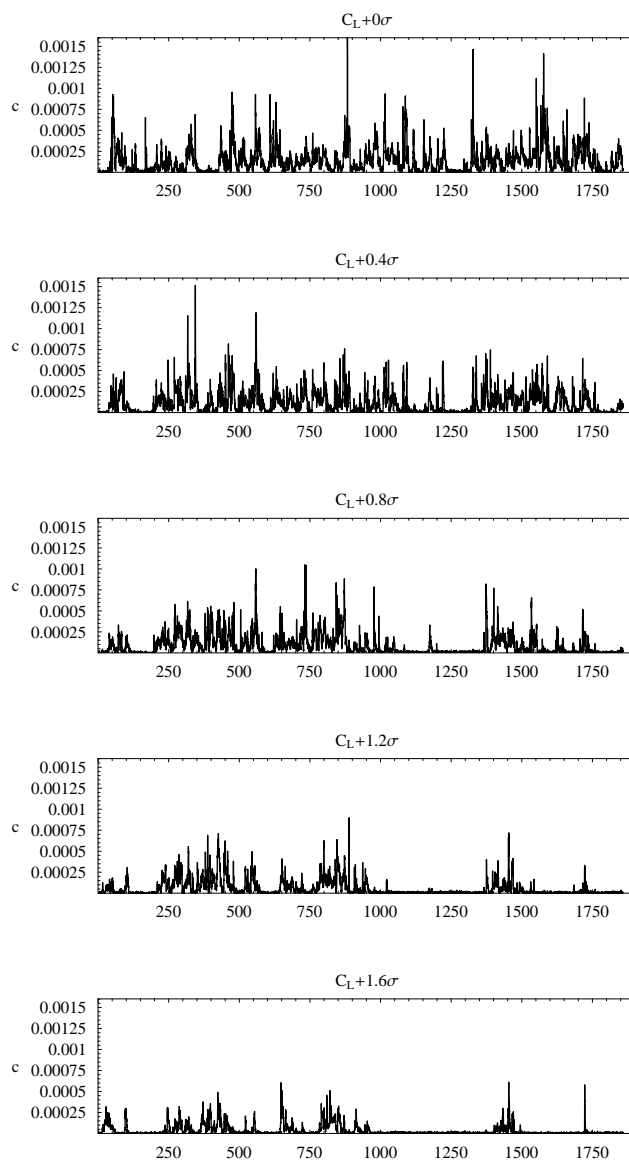


Figur 5-13 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationsintensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 9-2 afkast :1a0



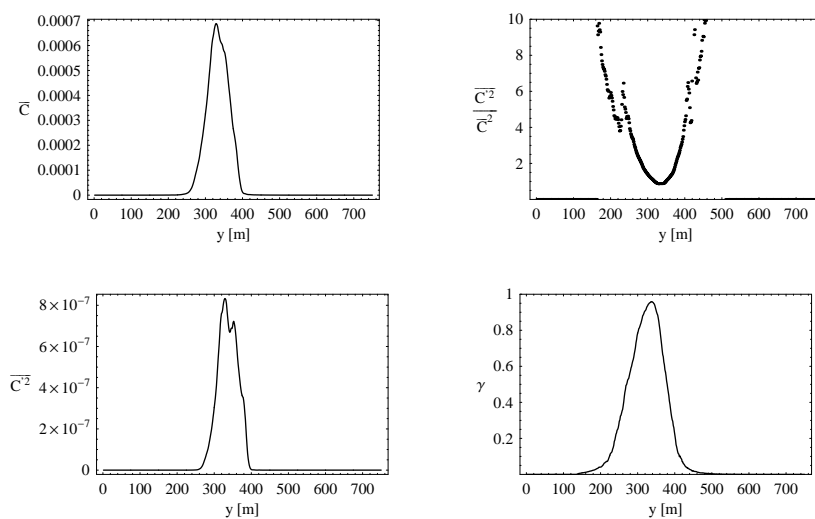
Figur 5-14 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling (cdf) af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-15 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

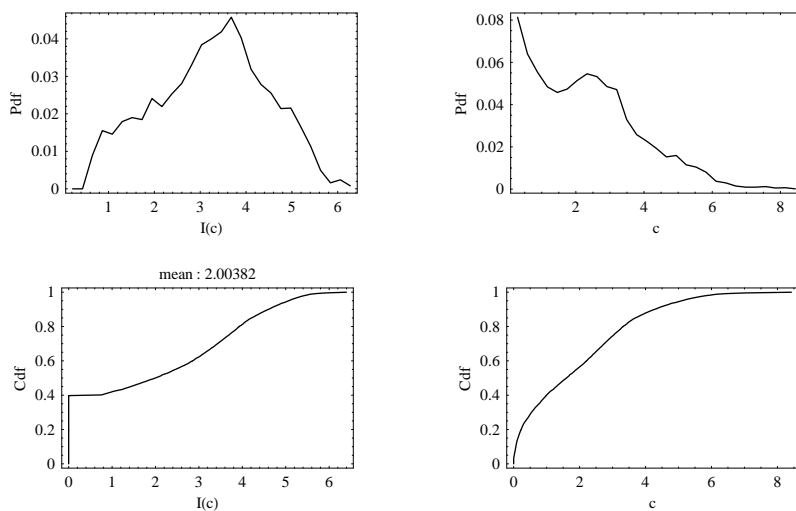
Eksperiment 9-3

Exp 9-3

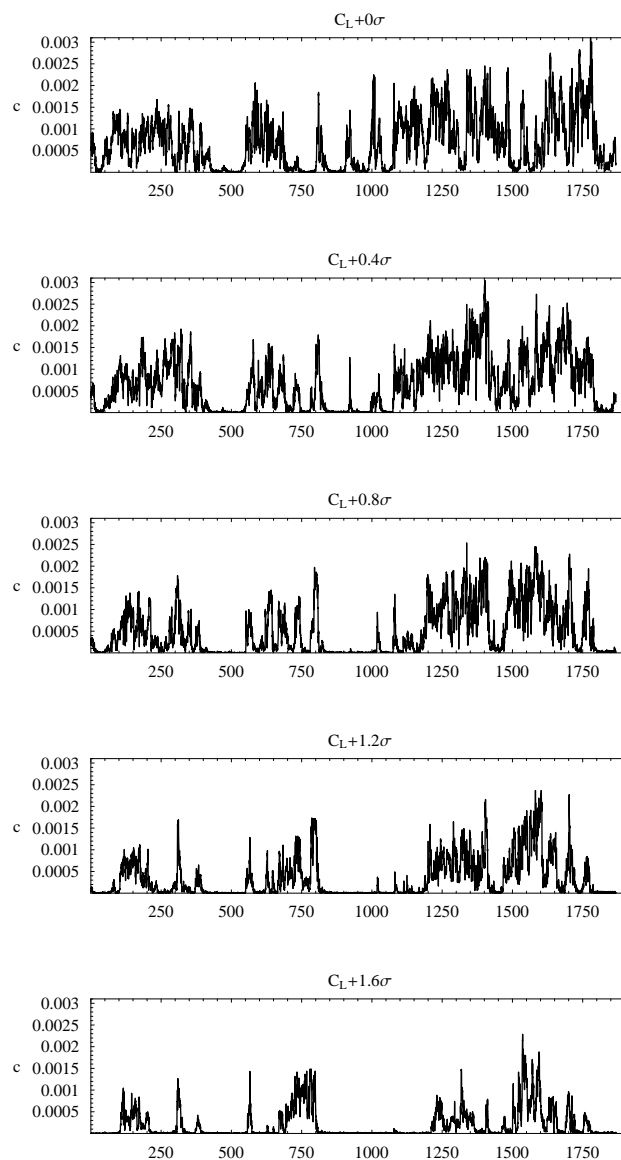


Figur 5-16 viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationens intensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 9-3 afkast :4a0



Figur 5-17 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.

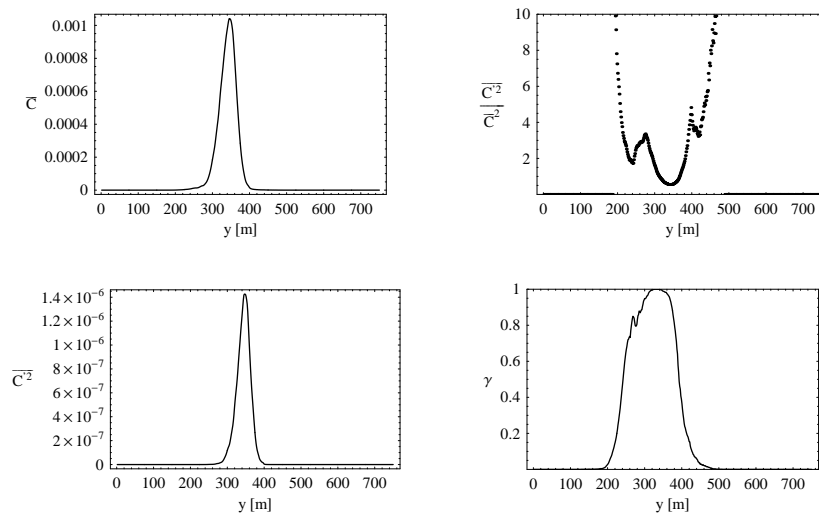


Figur 5-18 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

5.5 Eksperiment 10

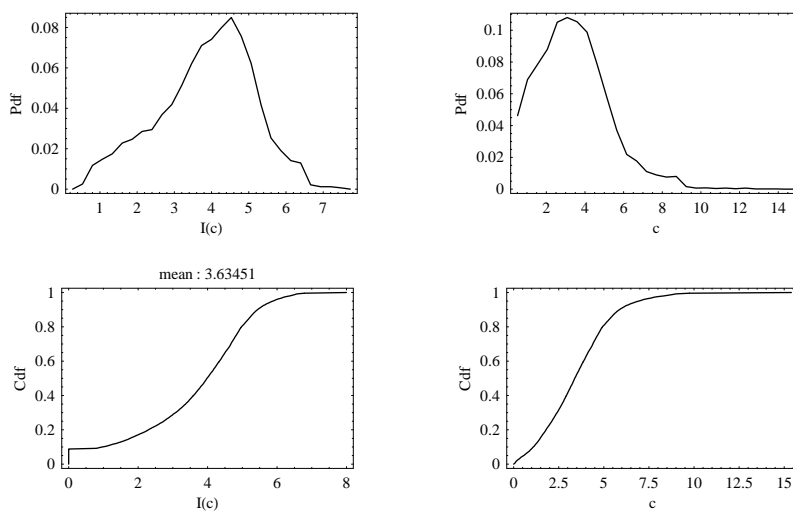
Eksperiment 10-1

Exp 10-1

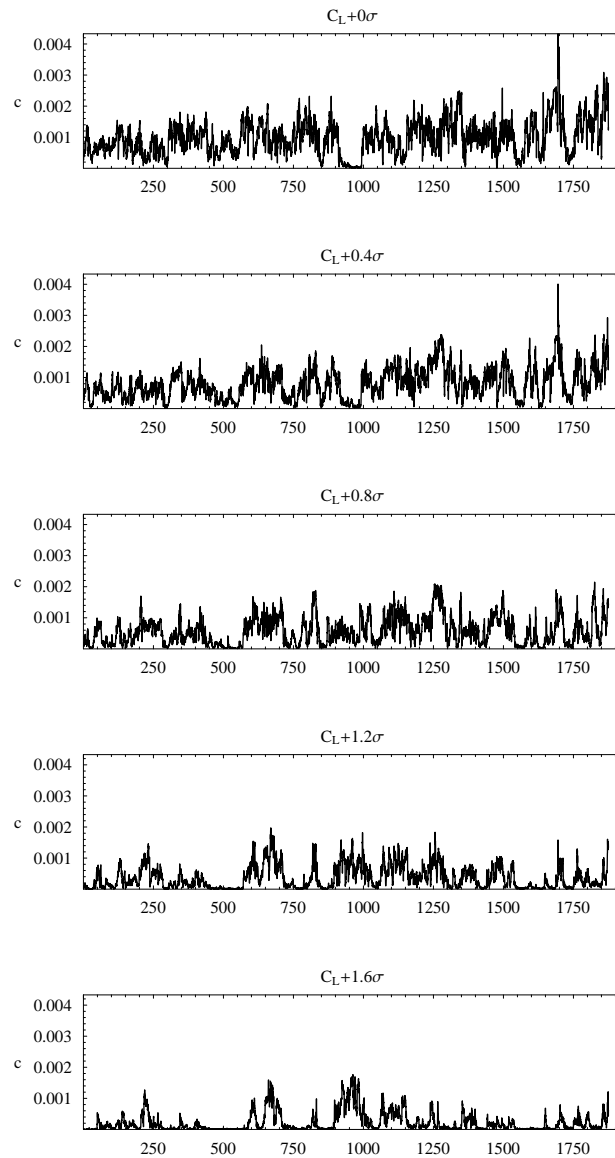


Figur 5-19 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationens intensitet på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 10-1 afkast :4a0



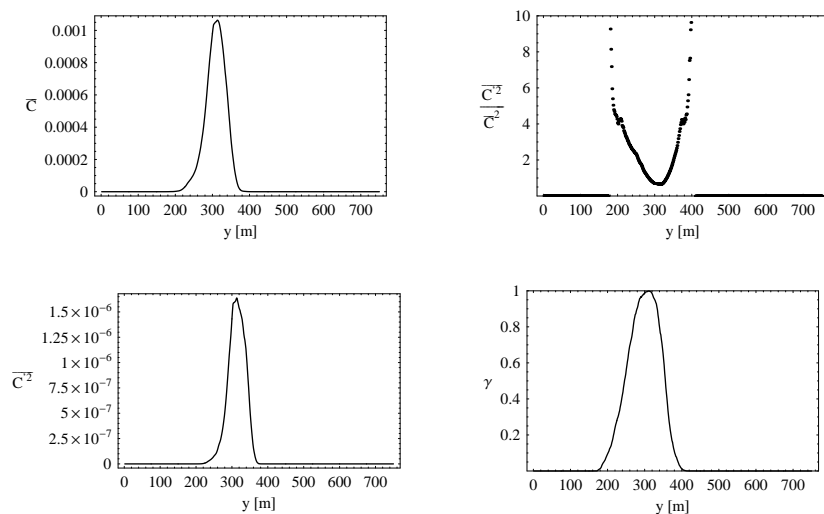
Figur 5-20 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-21 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

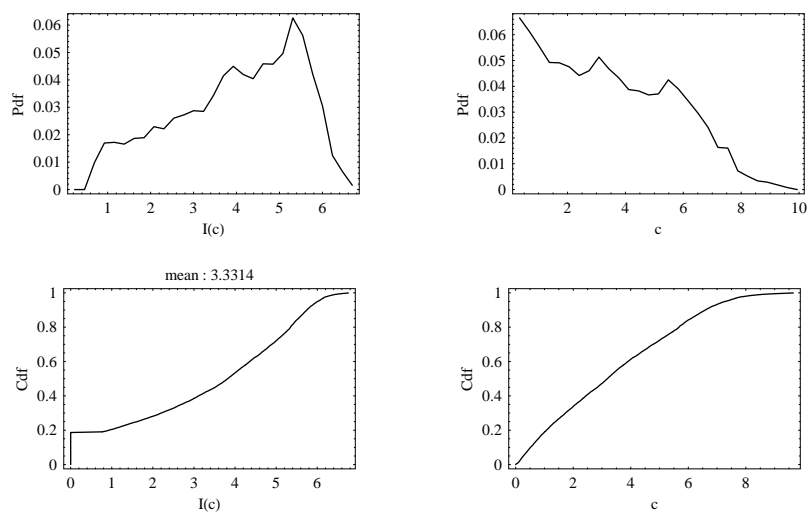
Eksperiment 10-2

Exp 10-2

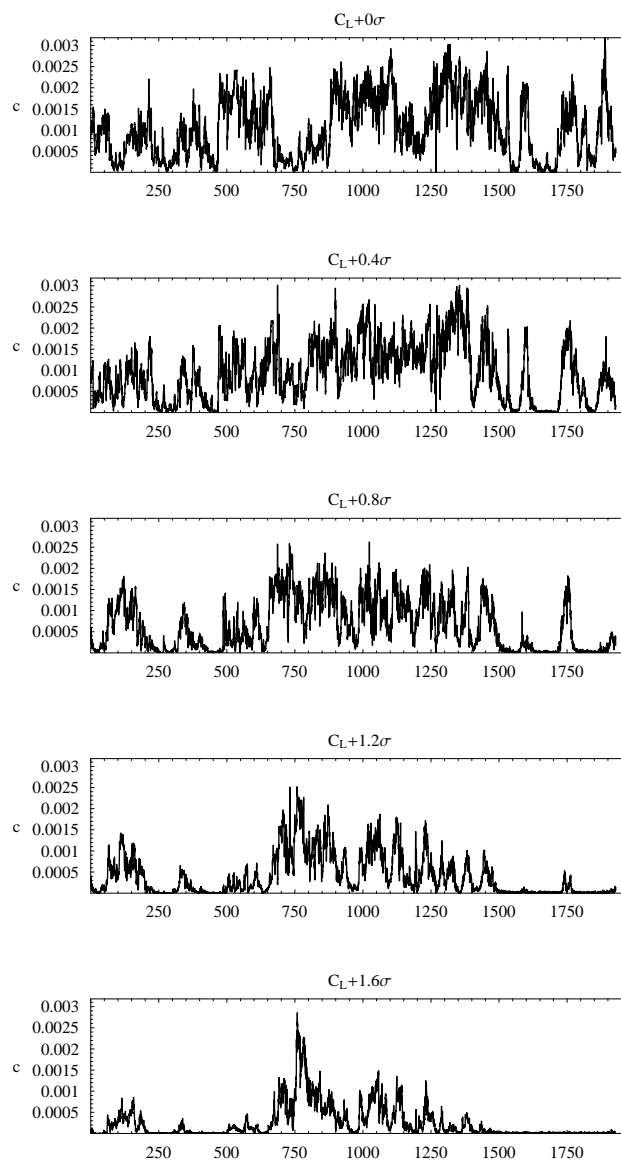


Figur 5-22 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration c (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuationsintensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 10-2 afkast :4a0



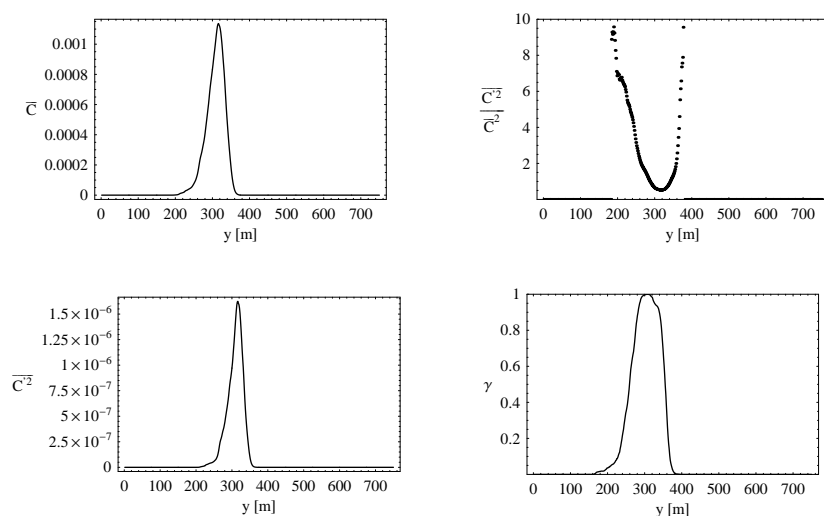
Figur 5-23 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling (cdf) af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-24 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

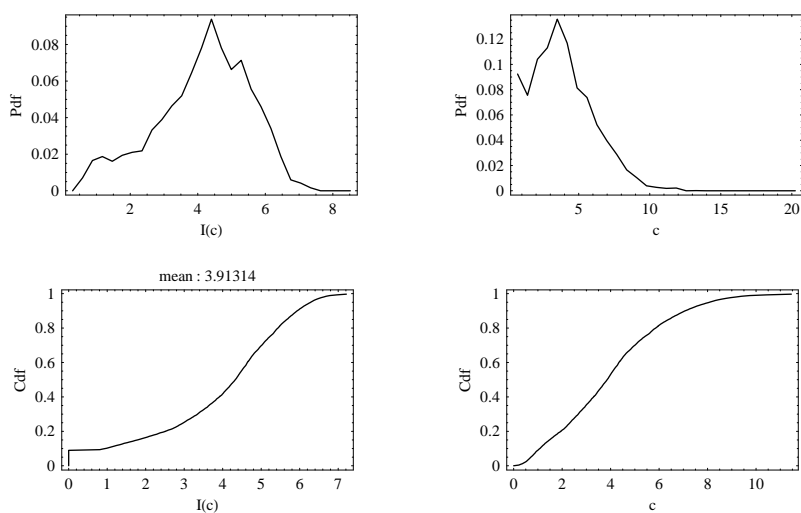
Eksperiment 10-3

Exp 10-3

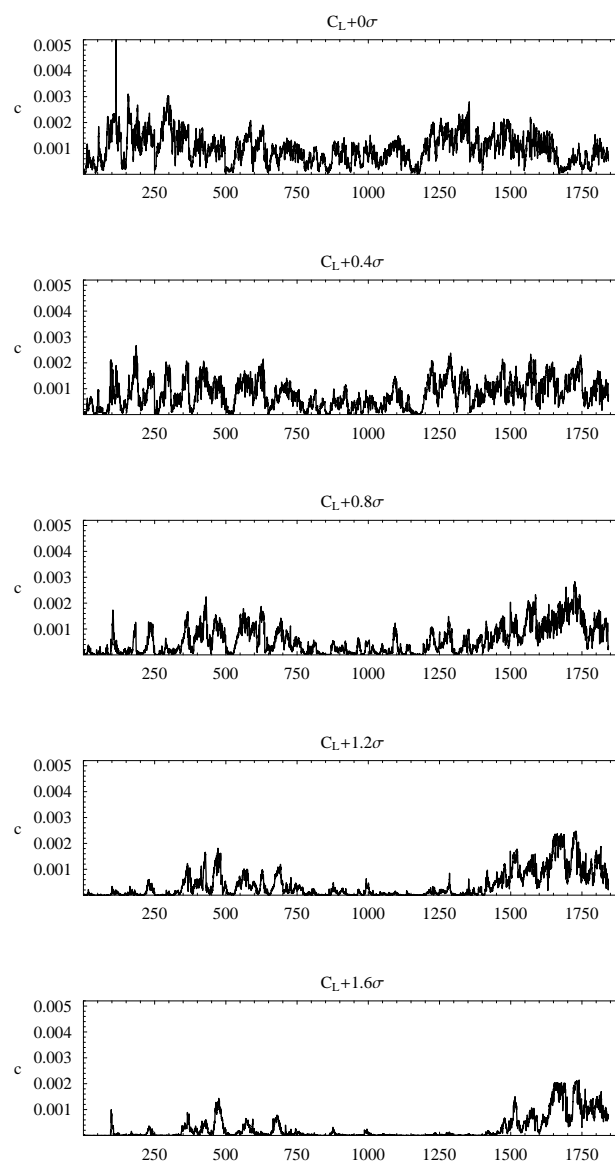


Figur 5-25 viser den målte statistik på tværs af vindretningen. Øverste venstre figur viser den målte middel-koncentration \bar{c} (extinction) som funktion af afstanden fra lidaren. Øverste højre figur viser fluktuations intensiteten på tværs af røgfanen. Nederste venstre figur viser den målte varians på tværs af røgfanen. Nederste højre figur viser den målte intermittens.

Exp nr 10-3 afkast :4a3



Figur 5-26 viser den målte sandsynligheds fordeling (pdf) samt den kumulerede sandsynlighedsfordeling af hhv. koncentration c og den beregnede lugt-intensitet $I(c)$ målt i centerlinien.



Figur 5-27 viser tidsserier målte i forskellige afstande fra centerlinien.

6 Acknowledgements

Denne undersøgelse blev sponsoreret af det Danske Landbrugs Strukturfond i samarbejde med Landsudvalget for Svin – Danske Slagterier, Axelborg. Vi takker endvidere Seniorforsker Erik Lyck, DMU for sammen med Peter Kai, DS, for at have initieret projektet.. Desuden er vi dybtfølt imponeret og skyldig til vores forskningstekniker Jan Nielsen som har stået for design og udførelsen af ”Røgmaskinen” samt alt mulig arbejde i forbindelse med gennemførelse af projektet.

7 Konklusion

Vi har undersøgt lugtgener fra en stor svineproduktion ved at lave kontrollerede spredningsforsøg fra et 6 meter forhøjet afkast på toppen af en staldbygningen. Forsøgene blev lavet med røg og sporstof tracer i eftermiddagstimerne om sommeren, hvor lugt-gernerne for naboer til svineproduktionsenheder angiveligt er værst.

Vore målinger viser, at høje afkast på staldbygninger som ventet giver mindre middel-koncentrationer ved nærtliggende nabo bebyggelser.

Denne effekt virker reducerende på menneskers opfattelse af lugt gener. Effekten af de forhøjede afkast var tydeligst tæt på stalden 0-50 m (jvf. DMU's SF6-målinger), men i afstanden 100 m (Lidarmålinger) er effekten på middel koncentrationerne af det forhøjede afkast af mindre betydning. (I 100 meters afstand bliver middelkoncentrationen kun halveret fra det 6 meter høje afkast).

Til gengæld giver det høje afkast anledning til større koncentrationsfluktuationer (mere intermitterende røgfaner). Denne effekt virker modsat forværrende på menneskers opfattelse af lugt genen.

Det er endvidere sandsynligt (og visuelt observeret på røg fanerne en aften) at et forhøjet afkast i natte/aften-timerne, på grund af atmosfærens stabilitet, vil reducerende lugtgenerne ud til større afstande end tilfældet er i dagtimerne.

I denne undersøgelse har vi kun undersøgt spredningsforholdene i de "værst tænkelige" ustabile atmosfæriske forhold midt på eftermiddagen dagen på varme sommerdage, men det er sandsynligt, at et forhøjet afkast vil have relativt større betydning i vinterhalvåret, hvor atmosfæren er mere stabilt stratificeret. Under lave vindforhold og i situationer med ringe røgfaneløft vil en højere skorsten have en reducerende effekt også på større afstande.

Vi konkludere, at hvis man på sommereftermiddage effektivt vil reducere lugtgenerne fra en stor svineproduktion i de nære omgivelser (på afstande ud til omkring 100 meter) må man påregne at opføre temmelig høje afkast på staldbygningerne, af størrelsesordenen 25 - 30 meters højde over taget.

På større afstande (afstand til nabobebyggelse større end 300 meter) vil der på sommerdage (med konvektive forhold) til gengæld kun være ringe effekt af at forhøje afkastene yderligere.

Referencer

- Ellermann, T. and P. Løfstrøm (1999) Spredning af lugt fra svinestalde- Statusrapport vedr. SF6-tracermålingerne ved Roager I 1999. Intern rapport- Afdelingen for Atmosfærisk miljø- Danmarks Miljøundersøgelser, 31 pp.
- Mikkelsen, T., En kort præsentation af LIDAR teknikken: Partikelmålinger i atmosfærisk luft. Demonstration of the LIDAR technique. IGAS feature meeting on airborne particles (Interest Group on Gas Analysis), Risø (DK), 12 Oct 1999.
- Mikkelsen, T.; Lyck, E., High-resolution atmospheric plume dispersion studies based on joint LIDAR and SF6 measurement techniques. 1. DSAR conference, Copenhagen (DK), 14-15 Oct 1999.
- Jørgensen, H.E.; Mikkelsen, T.; Streicher, J.; Herrmann, H.; Werner, C.; Lyck, E., Lidar calibration experiments. Appl. Phys. B (1997) 64 , 355-361
- Jørgensen, H.E.; Mikkelsen, T., Effects of averaging lidar signals. In: Improvement of lidar measurement techniques for discrimination of polar stratospheric clouds and volcanic aerosols. Final report. Werner, C. (ed.), (DLR. Institute of Optoelectrics, Wessling (DE), 1995) 11 p.
- Mikkelsen, T.; Jørgensen, H.E.; Thykier-Nielsen, S.; Lund, S.W.; Santabarbara, J.M., Final data and analysis report on: High-resolution in plume concentration fluctuations measurements using lidar remote sensing technique. Risø-R-852(EN) (1995) 102 p.
- Løfstrøm, P.; Jørgensen, H.; Lyck, E.; Mikkelsen, T., A concentration fluctuation model for decision-makers based on joint tracer and lidar measurements from a non-buoyant elevated plume. In: Air pollution 2. Vol. 1: Computer simulation. 2. International conference on air pollution, Barcelona (ES), 27-29 Sep 1994. Baldasano, J.M.; Brebbia, C.A.; Power, H.; Zannetti, P. (eds.), (Computational Mechanics Publications, Southampton, 1994) p. 571-579
- Mikkelsen, T., LIDAR-målinger af koncentrationsvariationer i røgfaner. BFS. Brændsels- og Fyringsteknisk Selskabs årsmøde om overvågning og diagnostik af fyringsanlæg, København (DK), 25 Aug 1994.
- Jørgensen, H.E.; Mikkelsen, T., Lidar measurements of plume statistics. Boundary-Layer Meteorol. (1993) 62 , 361-378
- Jørgensen, H.E.; Mikkelsen, T., LIDAR measurements of smoke plumes during the Guardo-1990 experiments. Risø-R-633(EN) (1992) 90 p.
- Mikkelsen, T.; Jørgensen, H.E.; aufm Kampe, W.; Weber, H., Lidar measurements of plume statistics. In: Proceedings of international meeting on application of sodar and lidar techniques in air pollution monitoring. International meeting on application of sodar and lidar techniques in air pollution monitoring, Krakow, 20-28 Sep 1990. Walczewski, J. (ed.), (Institute of Meteorology and Water Management, Krakow, 1991) Paper 15.

- Jørgensen, H.E.; Mikkelsen, T.; Streicher, J.; Herrmann, H.; Werner, C.; Lyck, E., Lidar calibration experiments. *Appl. Phys. B* (1997) 64 , 355-361
- Jørgensen, H.E.; Mikkelsen, T., Lidar measurements of plume statistics. *Boundary-Layer Meteorol.* (1993) 62 , 361-378
- Cionco, R.M.; aufm Kampe, W.; Bilotto, C.; Byers, J.H.; Collins, C.G.; Higgs, T.J.; Hin, A.R.T.; Johansson, P.E.; Jones, C.D.; Jørgensen, H.E.; Kimber, J.F.; Mikkelsen, T.; Nyren, K.; Ride, D.J.; Robson, R.; Santabarbara, J.M.; Streicher, J.; Thykier-Nielsen, S.; Raden H. van; Weber, H., An overview of MADONA: A multinational field study of high-resolution meteorology and diffusion over complex terrain. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* (1999) 80 , 5-19
- Werner, C. and Streicher, J. Aerosol-Lidar für Umweltschutz und Meteorologie. German Aerospace Centre - Institute für Optoelektronik, Oberpfaffenhofen (DLR report DFVLR-FB 87-43) 175 pp., 1987.

Title and authors

Experimental Investigation Of Odour Dispersion From A Big Pig Farm

Torben Mikkelsen and Hans E. Jørgensen

ISBN

ISSN

87-550-3016-5

87-550-3017-3 (Internet)

0106-2840

Department or group

Date

Wind Energy Department - Atmospheric Physics Group

June 2002

Groups own reg. number(s)

Project/contract No(s)

1100-059-1

Sponsorship

The National Committee for Pig Production, Danske Slagterier, Axeltorv 3, DK-1609 Copenhagen V, and The Directorate for Food, Fisheries and Agri Business under the Danish Ministry of Food, Agriculture and Fisheries

Pages

Tables

Illustrations

References

41

5

38

14

Abstract (max. 2000 characters)

In June 1999 and in July 2000 Risø National Laboratory performed a series of full scale field trials with joint tracer gas and aerosol plumes, together with the National Committee for Pig Production (DS), and the National Environmental Research Institute (NERI). The purpose was to study and to find ways to mitigate the fluctuating odour transmissions in the immediate surroundings (less than 300 meters) of a big Danish Pig fattening production unit.

The experiments were performed from three different venting duct heights on the roof in order to intercompare three different roof-based venting strategies.

This data report contains

1. Local micrometeorological wind and temperature measurements from an In situ placed sonic anemometer
2. Description of three different sets of venting ducts
3. Generation of artificial aerosol plumes for the Lidar scanning
4. Lidar measurements of concentration fluctuations downstream from the pig farm.
5. Data processing, data interpretation, and conclusions.